



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“REMOCIÓN DE COLIFORMES TOTALES EN
AGUA ALMACENADA EN TANQUES ELEVADOS
DOMÉSTICOS MEDIANTE NANOBUJAS DE
AIRE”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autora:

Alexandra Cueva Díaz

Asesor:

Mg. Blga. Daniela Milagros Landa Acuña

Lima - Perú

2021

TABLA DE CONTENIDOS

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS	2
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDOS	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	10
RESUMEN.....	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad Problemática	13
1.2. Bases Teóricas.....	21
1.3. Formulación del problema	24
1.4. Justificación	24
1.5. Objetivos	25
1.6. Hipótesis.....	25
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	27
2.1. Tipo de investigación	27
2.2. Población y muestra.....	30
2.3. Materiales, instrumentos y métodos.....	30
2.4. Procedimientos.....	32
2.5. Aspectos éticos.....	43
CAPÍTULO III. RESULTADOS	44
3.1. Determinación de coliformes totales del agua pre y post tratamiento con nanoburbujas.....	44
3.2. Determinación del caudal del equipo generador de nanoburbujas	47
3.3. Cálculo de la presión interna de las nanoburbujas	47
3.4. Cálculo del porcentaje de remoción de coliformes totales.....	48
3.5. Comparación de los resultados post-tratamiento con el LMP del parámetro coliformes totales para agua de consumo humano.....	49
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	52
4.1. Discusión	52
4.2. Conclusiones	55
REFERENCIAS.....	56
ANEXOS.....	59
ANEXO N°1. Cronograma de actividades.....	59
ANEXO N°2. Ficha de observación.....	60

ANEXO N°3. Cadena de custodia	60
ANEXO N°4. Resultados de los análisis de coliformes totales en el agua inicial y post-tratamiento	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de Consistencia	28
Tabla 2 Matriz de operacionalización de variables	29
Tabla 3 Coordenadas de la urbanización El Rosal de San Diego	32
Tabla 4 Coordenadas de puntos de muestreo.....	34
Tabla 5 Índice NMP/100 mL y límites de confianza del 95% para todas las combinaciones de resultado positivo y negativo cuando se utilizan diez porciones de 10 mL.....	40
Tabla 6 Concentración inicial de coliformes totales en el agua pre-tratamiento comparado con el LMP	44
Tabla 7 Concentraciones de coliformes totales en el agua post-tratamiento	46
Tabla 8 Caudal promedio del agua con nanoburbujas	47
Tabla 9 Porcentaje de remoción de coliformes totales en base al N.º de tubos que resultaron positivos	48
Tabla 10 Comparación de los resultados post-tratamiento con el LMP	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Delimitación del área de la urbanización El Rosal de San Diego	33
Figura 2. Puntos de muestreo.	35
Figura 3. Camión cisterna abasteciendo de agua al tanque elevado	36
Figura 4. Toma de muestra en la zona de estudio	37
Figura 5. Diagrama de flujo de la técnica estándar de fermentación de coliformes totales	39
Figura 6. Equipo de nanoburbujas de aire	41
Figura 7. Toma de muestra de agua post-tratamiento a los 5 minutos	41
Figura 8. Diagrama del proceso de tratamiento del agua con nanoburbujas	42
Figura 9. Concentración inicial de coliformes totales en el agua pre-tratamiento comparado con el LMP	45
Figura 10. Concentraciones de coliformes totales en el agua post-tratamiento	46
Figura 11. Porcentaje de remoción de coliformes totales en base al N° de tubos que resultaron positivos	49
Figura 12. Comparación de los resultados post-tratamiento con el LMP	51

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Porcentaje de remoción	43
Ecuación 2 Presión interna de las nanoburbujas	47

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo remover los coliformes totales en agua almacenada en tanques elevados domésticos mediante nanoburbujas de aire de la Urb. El Rosal de San Diego, S.M.P., con la finalidad de que las personas que aún en la actualidad consumen aguas provenientes de camiones cisterna podrían optar por esta alternativa que les garantice agua segura y a bajo costo. El tipo de investigación fue cuantitativa y de alcance explicativo, donde se empleó un diseño preexperimental, en el que hubo una preprueba (cálculo de la concentración inicial de coliformes totales en agua) y posprueba (cálculo de la concentración final de coliformes totales luego del tratamiento al agua). Como muestra se extrajo 60 L de agua almacenada en tanques elevados domésticos de 5 viviendas ubicadas en 5 manzanas diferentes (A, B, C, D y E) de la Urb. El Rosal de San Diego. El tratamiento del agua se realizó en 3 tiempos distintos (5, 10 y 15 minutos) y 3 repeticiones, obteniendo la eficiencia promedio del 66,67 % a los 5 minutos, 73,33% a los 10 minutos y 93,33% a los 15 minutos. Al comparar el agua tratada con el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano; se obtuvo que a los 15 minutos de la segunda repetición y en los 3 tiempos de la tercera repetición del tratamiento, la concentración de coliformes totales fue $<1,1$ NMP/100 mL, por lo que cumple con el Límite Máximo Permisible del parámetro Bacterias Coliformes Totales que es $\leq 1,8$ NMP/100 mL. Los datos del tratamiento mediante la inyección de nanoburbujas comprueban la efectividad de este método en la depuración de coliformes totales en el agua.

Palabras clave: *coliformes totales, nanoburbujas, agua almacenada, tanques elevados.*

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales

REFERENCIAS

- APHA, AWWA, WEF. (2017). *Standard methods for the examination of Water and Wastewater* (23rd ed.).
- Abdella, Sun, Hua, Zhang, Z., Zhang, Y., Marhaba, & Zhang, W. (2018). *Colloidal properties of air, oxygen, and nitrogen nanobubbles in water: Effects of ionic strength, natural organic matters, and surfactants*. *Environmental Engineering Science*. Obtenido de <http://doi.org/10.1089/ees.2017.0377>
- AQUAFONDO. (2015). *La contaminación de los ríos de Lima*. Lima.
- Araujo, & Benito. (2017). *Nivel de contaminación microbiológica en agua de consumo humano en el sector Sequia Alta, Santa Bárbara, Huancavelica - 2017*. Tesis, Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica.
- Benazir. (2016). *Reducción de coliformes fecales del agua de mar mediante micronanoburbujas de ozono y aire de la playa Los Pavos, Barranco*. Tesis, UCV, Lima.
- Bendezu. (2017). *Reducción de la dureza de aguas subterráneas mediante micro-nano burbujas de aire-ozono en la urbanización Villa El Pinar-Comas*. Tesis, UCV, Lima.
- Carrasco. (2006). *Metodología de la investigación científica*. Lima, Lima, Perú: San Marcos.
- Condalab. (2019). Madrid.
- Cruz. (2016). *Reducción de coliformes presentes en aguas residuales domésticas mediante micronanoburbujas de aire-ozono en el distrito de Carhuaz, Ancash 2016*. Tesis, UCV, Lima.
- DIGESA. (2011). *Listado de requisitos para recepción de muestras de aguas superficiales, agua de consumo, aguas residuales y agua de mar*. DIGESA, Laboratorio de control ambiental. Obtenido de <http://www.digesa.minsa.gob.pe/LAB/LISTADO%20REQUISITOS%20RECEPCION%20DE%20MUESTRAS%20AGUAS%20V02.pdf>
- DIGESA. (2015). *Protocolo de Procedimientos para la Toma de Muestras, Preservación, Conservación, Transporte, Almacenamiento y Recepción de Agua para Consumo Humano*. Resolución Directoral N°160-2015/DIGESA/SA, MINSA, DIGESA, Lima. Obtenido de http://www.digesa.minsa.gob.pe/NormasLegales/Normas/RD_160_2015_DIGESA.pdf
- ESSALUD. (2012). *Boletín epidemiológico N°02-2012*. Lima. Obtenido de http://www.essalud.gob.pe/noticias/boletinepidem_2012_2.pdf
- Franco, López, & Orozco. (2014). Calidad microbiológica del agua destinada para consumo humano en siete municipios de la región Caribe Colombiana. *Ciencia Actual*, 3. Recuperado el 18 de 09 de 2018
- García, Martínez, Utrilla, Morillo, Ania, Cardeñosa, . . . Azañón. (2006). *Personal laboral de la comunidad autónoma de Extremadura* (Segunda ed., Vol. II). España: MAD.
- Hernández. (2018). *Efectos de micro y nano burbujas en tratamientos de aguas residuales domésticas: El caso de Pasca, Cundinamarca*. Tesis, Universidad de Cundinamarca, Departamento de posgrados, Fusagasugá. Obtenido de <http://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/2334/HernandezCarlos2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández, Fernández, & Baptista. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). México D.F., México.
- HighPyS. (6 de Junio de 2017). *Nanoburbujas*.
- Hung. (2016). *Ultrafine bubble-enhanced ozonation for water treatment*. Universidad de Arizona, Department of agriculture and biosystems engineering. Arizona: Universidad de Arizona.
- INEI. (2013). *Viviendas con abastecimiento de agua por red pública: Provincia de Lima*. INEI, Lima.
- INEI. (2016). *Perú: Formas de acceso al agua y saneamiento básico*. Síntesis estadística, INEI, Lima. Recuperado el 16 de Abril de 2019
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (2017). *Manual de medición de caudales*. Guatemala.

- Jung, Lee, Jang, Cho, & Sung. (2011). Recuperación de efluentes de aguas residuales textiles mediante un proceso de flotación de ozono disuelto en micro/nano burbujas. *Revista de Ciencias Ambientales*, 20(3), 291-299. doi:<https://doi.org/10.5322/jes.2011.20.3.291>
- Kobayashi, Ikeura, Tamaki, & Hayata. (2010). *Aplicación de micro y nano burbujas de CO₂ a menor presión y temperatura ambiente para inactivar los microorganismos en Cut Wakegi (Allium Wakegi Araki)*. Bangkok. doi: 10.17660 / ActaHortic.2010.875.54
- LAB comercial. (2020). *Materiales de laboratorio, equipos y envases*. Barcelona.
- Leyva, M. (2017). *Reducción del DQO y SST de los efluentes residuales de una industria azucarera en Paramonga, mediante el uso de micro-nanoburbujas de aire*. Tesis, UCV, Lima. Obtenido de http://181.224.246.201/bitstream/handle/UCV/14491/Leyva_CMM.pdf?sequence=1&isAllo wed=y
- Liu, S., Kawagoe, Y., Makino, Y., & Oshita, S. (2013). *Effects of nanobubbles on the physicochemical properties of water: The basis for peculiar properties of water containing nanobubbles*. (Elsevier, Ed.) Chemical Engineering Science.
- Marchand. (2002). *Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana*. UNMSM, Lima.
- Méndez. (2017). *Reducción de DQO y materia orgánica usando micro-nano burbujas de aire en agua contaminada con ampicilina a nivel laboratorio*. Tesis, Universidad César Vallejo, Lima.
- MINAM. (2016). *Glosario de términos. Sitios contaminados*. Lima. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/2016-05-30-Conceptos-propuesta-Glosario.pdf>
- MINAM. (2019). *Informes y publicaciones*. Lima.
- MINAM. (2019). *RM 269-2019-MINAM*. Lima.
- MINSA. (2010). *Reglamento de la calidad del agua para consumo humano*. MINSA, Lima.
- MINSA. (2021). *Número de episodios de diarreas agudas, Perú 2016 a 2021*. MINSA, Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades.
- MOLEAER. (2021). *Nanoburbujas*. California.
- Nakashima, A. (Febrero de 2016). El enorme poder de las burbujas pequeñas. Japan External Trade Organization. Obtenido de https://www.jetro.go.jp/en/mjcompany/nac_es.html
- NORMA OS.090. (2006). Plantas de tratamiento de aguas residuales. *El Peruano*.
- Núñez. (2017). *Tratamiento de aguas residuales de una embotelladora de bebidas carbonatadas aplicando nanoburbujas de aire*. Tesis, Universidad César Vallejo, Lima.
- OMS & UNICEF. (2017). *Progresos en materia de agua potable, saneamiento e higiene: informe de actualización de 2017 y evaluación de los ODS*.
- ONU. (2010). *Resolución aprobada por la Asamblea General el 28 de julio de 2010: El derecho humano al agua y el saneamiento*. Resolución, ONU. Recuperado el 12 de Abril de 2019
- Palta, & Morales. (2013). Fitodepuración de aguas residuales domésticas con Poaceas: *Brachiaria mutica*, *Pennisetum purpureum* y *Panicum maximum* en el municipio de Popayán, Cauca. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(2).
- Pardo, M. (2017). *Nanotecnología con ozono para la reducción de cianobacterias en las aguas de los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima 2017*. Tesis, UCV, Lima.
- Praveen. (2012). *Micro and nanobubble water*. India.
- Rios, P. (2017). *Lima y su agua que enferma*. PUCP, Lima.
- Sumikura, Hidaka, Murakami, Nobutomo, & Murakami. (1 de Septiembre de 2007). *Water Science & Technology*, LVI(5), 53-61. doi:<https://doi.org/10.2166/wst.2007.556>
- Tarazona, & Peña. (2011). *Estudio de la remoción de coliformes en aguas naturales utilizando un filtro tipo cartucho empacado con nanocompositos de fibras de fique con nanopartículas de plata*. Bucaramanga.
- Tsuge, H. (2014). *Micro y nanoburbujas: fundamentos y aplicaciones*. Japón: Pan Stanford.
- Ushida, Hasegawa, Narumi, & Nakajima. (2013). *Flow properties of nanobubble mixtures passing through micro-orifices*.

- Valenzuela. (2017). *Reducción de plomo y silicio en aguas de lavado de gases de una empresa de servicios usando micronanoburbujas de aire-ozono, Lima 2017*. Tesis, Universidad César Vallejo, Lima.
- Ventura. (2017). *Tratamiento de sanguaza de pesacado del mercado de Ancón utilizando micro-nanoburbujas de aire a escala laboratorio*. Tesis, Universidad César Vallejo, Lima.
- Xia, & Hu. (2018). Treatment of organics contaminated wastewater by ozone micro-nano-bubbles. *Water*, 11(1), 10.
- Yanmei, Shiwei, & Junfeng. (2018). Microbial community evolution of black and stinking rivers during in situ remediation through micro-nano bubble and submerged resin floating bed technology. *Bioresource Technology*, 258, 187-194. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.03.008>
- Ziegler, & Morales. (2020). Lima lucha contra el coronavirus con aguas turbias. *Centro de los objetivos de desarrollo sostenible para América Latina*.
- Ziegler, & Morales. (10 de Abril de 2020). Vivienda y Sedapal desvían atención a denuncia sobre calidad del agua que venden camiones. *Diario Ojo*.